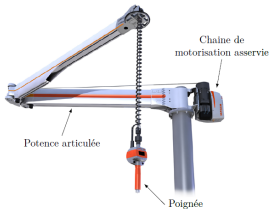


## Application



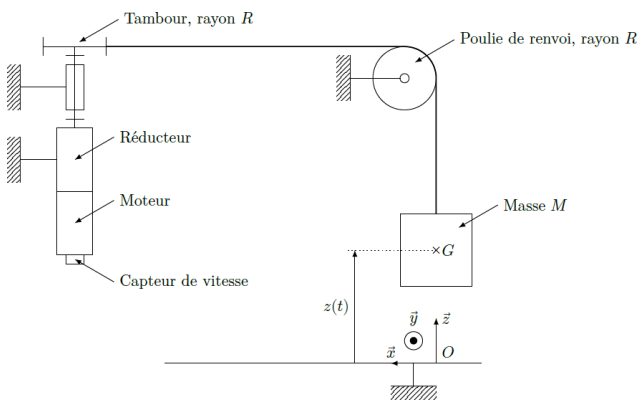
## Bras manipulateur collaboratif ZE Solution

Concours Centrale Supélec MP 2016

## Savoirs et compétences :

## Présentation du système

Le bras manipulateur collaboratif ZE Solution est un bras collaboratif permettant d'assister des opérateurs à manipuler des charges allant jusqu'à 200 kg « sans effort ».



Le schéma-blocs de la chaîne de motorisation asservie est présenté sur le document réponse.

Le calculateur de la boucle de vitesse génère la consigne de courant d'intensité  $i_c(t)$  à imposer au moteur brushless en comparant la vitesse angulaire de consigne à la vitesse angulaire réelle mesurée par un capteur de vitesse placé sur l'arbre moteur.

La boucle interne de courant du moteur brushless est considérée parfaite et en conséquence est modélisée par un gain unitaire, comme indiquée dans le document réponse.

Le couple  $C_m(t)$  fourni par le moteur brushless au réducteur vérifie la relation  $C_m(t) = K_m i(t)$ .

## Paramètres géométriques et cinématiques :

- vitesse angulaire du moteur  $\omega_m(t) \vec{z}$  ;
- vitesse angulaire du tambour  $\omega_T(t) \vec{z}$  ;
- rayon du tambour et de la poulie de renvoi :  $R = 0.05 \text{ m}$  ;
- rapport de réduction du réducteur :  $\frac{1}{\rho} = \frac{\omega_T(t)}{\omega_m(t)}$  avec  $\rho = 15,88$  ;
- vitesse linéaire de la masse en translation :  $v(t) \vec{z} = \dot{z} \vec{z}$  .

## Paramètres massiques et d'inertie :

- masse entraînée  $M$  de centre de gravité  $G$ ,  $M \leq 200 \text{ kg}$  ;

- inertie du moto-réducteur autour de son axe de rotation, rapportée sur l'axe du moteur brushless  $J_0 = 0.00315 \text{ kgm}^2$ .

## Le cahier des charges est le suivant :

- stabilité :  $M_\varphi = 80^\circ$  ;
- précision :
  - écart statique permanent vis-à-vis d'une entrée en échelon : nul ;
  - écart statique permanent vis-à-vis de la perturbation (B) constante : nul ;
- rapidité : pulsation de coupure à 0 dB de la fonction de transfert en boucle ouverte :  $\omega_{0\text{dB}} = 40 \text{ rad s}^{-1}$ .

On note  $\omega_{mc}(t)$  la vitesse angulaire de consigne et  $C_v(p)$  la fonction de transfert du correcteur de la boucle de vitesse.

On pose  $v(t) = K_r \omega_m(t)$  avec  $K_r > 0$  par convention.

Question 1 Déterminer la valeur numérique de  $K_r$ .

L'application du théorème de l'énergie cinétique permet de montrer que  $A\dot{\omega}_m(t) = C_m(t) - B(t)$  avec  $A = J_0 + MK_r^2$  avec  $B(t) = MgK_r u(t)$ .

Question 2 Compléter le schéma-blocs du document réponses (dans le domaine de Laplace) en fonction des paramètres  $A$ ,  $\rho$ ,  $R$  et  $K_m$ . Les conditions initiales sont supposées nulles.

Pour une charge à déplacer de  $M = 100 \text{ kg}$ , la fonction de transfert en boucle ouverte non corrigée (c'est-à-dire en considérant  $C_v(p) = 1$ ) vaut numériquement :

$$FTBO_{nc}(p) = \frac{K_{BO}}{p} \text{ avec } K_{BO} = 218.$$

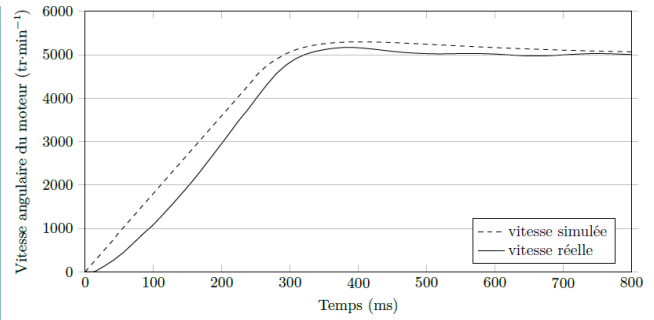
Question 3 Déterminer la marge de phase  $M_\varphi$ . Est-ce satisfaisant vis-à-vis du critère de stabilité du cahier des charges ?

Le constructeur choisit un correcteur de type Proportionnel Intégral :  $C_v(p) = K_i \left( 1 + \frac{1}{T_i p} \right)$ .

Question 4 Quelle performance du cahier des charges justifie l'utilisation de ce type de correcteur ? Tracer le diagramme de Bode asymptotique du correcteur  $C_v(p)$  en précisant les points caractéristiques en fonction de  $K_i$  et  $T_i$ .Question 5 Déterminer la valeur numérique de  $T_i$  afin que la marge de phase du système corrigé soit exactement de  $80^\circ$  tout en respectant l'exigence de rapidité du cahier

des charges. En déduire alors la valeur de  $K_i$  permettant de satisfaire l'ensemble des performances attendues dans le cahier des charges.

Les réponses temporelles simulée et réelle de la chaîne de motorisation asservie (avec une charge à déplacer de masse  $M = 100 \text{ kg}$ ) à un échelon de vitesse de consigne de  $5000 \text{ tr min}^{-1}$  avec les réglages déterminés précédemment sont fournies sur la figure suivante.



**Question 6** Comparer les résultats simulés et les résultats expérimentaux sur les critères du temps de réponse à 5% et de la valeur finale.

